

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**Л.Г.Запара**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання розрахунково-графічної роботи**

**„ВИВЧЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ, КАРТИ.  
КАРТОМЕТРИЧНІ РОБОТИ.”**

**З ДИСЦИПЛІН  
„ГЕОДЕЗІЯ”, „КАРТОГРАФІЯ” ТА „КАРТОГРАФІЯ З ОСНОВАМИ  
ТОПОГРАФІЇ”.**

*(для студентів 1, 2 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки  
6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» спеціальності  
6.070900 «Геоінформаційні системи і технології», 3 курсів денної і заочної  
форм навчання напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона  
навколишнього середовища та збалансоване природокористування»)*

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи „Вивчення топографічного плану, карти. Картометричні роботи” з дисциплін „Геодезія”, „Картографія” та „Картографія з основами топографії” (для студентів 1, 2 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 « Геодезія, картографія та землеустрій» спеціальності 6.070900 «Геоінформаційні системи і технології», 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Укл.: Запара Л.Г. - Х: ХНАМГ, 2009 – 35 с.

**Укладач:** ст. викладач Л.Г.Запара

**Рецензенти:** к.т.н., доц. Л.К.Войславський

**Рекомендовано кафедрою Геоінформаційних систем і геодезії  
протокол № 2 від 16 вересня 2009р.**

## ЗМІСТ

1. Топографічні моделі земної поверхні.....	4
1.1 Поняття про план, карту і профіль земної поверхні.....	4
1.2 Математична основа та позарамкове оформлення карт і планів.....	4
1.3 Умовні знаки топографічних планів і карт.....	7
2. Масштаби топографічних планів та карт. Вправи з масштабами.....	8
2.1 Види масштабів.....	8
2.2 Вимірювання довжин ліній.....	10
2.3 Побудова лінії заданої довжини в заданому масштабі.....	12
3. Визначення координат точок на планах і картах.....	13
3.1 Визначення координат точок на топографічних картах і планах.....	13
3.2 Нанесення на карту точки за заданими геодезичними або прямокутними координатами.....	14
4. Орієнтування напрямів.....	17
4.1 Кути орієнтування.....	17
4.2 Визначення кутів орієнтування.....	19
5. Зображення рельєфу на планах і картах. Розв'язування задач за допомогою горизонталей.....	21
5.1 Рельєф, форми рельєфу.....	21
5.2 Визначення висот точок по горизонталях.....	23
5.3 Кількісні характеристики крутизни схилу.....	24
5.4 Побудова лінії заданого ухилу.....	26
5.5 Побудова профілю місцевості за заданим напрямом.....	27
5.6 Визначення меж водозбірної площі.....	30
6. Визначення площ.....	31
7. Визначення об'ємів.....	32

# **1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПЛАН І КАРТУ**

## **1.1 Поняття про план, карту і профіль земної поверхні**

Планом місцевості називається зменшене подібне зображення горизонтальної проекції невеликої ділянки місцевості, в межах якого кривизна рівневої поверхні не враховується.

Картою називається зменшене зображення на площині всієї поверхні Землі або значної її частини, складене в прийнятій картографічній проекції з урахуванням кривизни рівневої поверхні.

Профілем місцевості називається зображення на площині вертикального перетину поверхні місцевості в якому-небудь напрямку, побудоване за певними правилами. Профіль характеризує рельєф за вибраною лінією місцевості.

## **1.2 Математична основа й позарамкове оформлення карт і планів**

Листи топографічних карт мають три рамки: внутрішню, минутну і зовнішню (рис.1.1). Внутрішня рамка утворена відрізками паралелей (ліній рівних широт), які обмежують зображення місцевості з півночі і півдня, і відрізками меридіанів (ліній рівних довгот), які обмежують зображення зі сходу і заходу. В кутах карти на продовженні меридіанів вказана їх довгота, а на продовженні паралелей – широта.

Між внутрішніми і зовнішніми рамками побудована минутна сітка, що являє собою дві паралельні лінії, розділені за широтою і довготою на минутні інтервали. Кожна мінута довготи і широти поділена точками на шість частин, відстань між якими відповідає десяти секундам.

Крім сітки меридіанів і паралелей на топографічних картах показана прямокутна сітка координат  $X$  і  $Y$ . Лінії прямокутної сітки проведені через інтервали, що відповідають цілій кількості кілометрів. Кожна лінія кілометрової сітки продовжена за поле карти, де підписані значення  $X$  і  $Y$  в

кілометрах. Повні значення  $X$  підписують на крайніх, північній і південній лініях кілометрової сітки, наприклад, 6019 км, на проміжних лініях пишуть десятки і одиниці кілометрів 20, 21 і т.д. Повне значення  $Y$  із зазначенням номера зони підписують біля крайніх західної і східної лінії кілометрової сітки, наприклад, 3452, де 3 – номер зони. У проміжку між крайніми лініями підписують десятки й одиниці кілометрів координати  $Y$ .

Посередині лінії зовнішньої рамки в розриві з усіх чотирьох боків указані номенклатури суміжних листів.

Над північною рамкою вказана номенклатура листа, а в дужках – назва найбільшого населеного пункту, розміщеного на цій карті. Під південною рамкою листа карти підписані масштаби карти (чисельний, іменований і лінійний), висота перетину рельєфу, система висот. Під південно-західним кутом рамки знаходиться схема взаємного розміщення істинного, магнітного і осьового меридіанів з приведенням величин середнього наближення меридіанів і магнітного схилення, річного схилення магнітної стрілки.

Під південно-східним кутом розміщений графік закладень.

На топографічних планах лінії паралелей і меридіанів та мінутна рамка відсутня. Лінії сітки прямокутних координат проведені через 10 см. Їх виходи за внутрішню рамку підписують у кілометрах (для масштабів 1:5000 і 1:2000) або в метрах (для масштабів 1:1000 і 1:500).

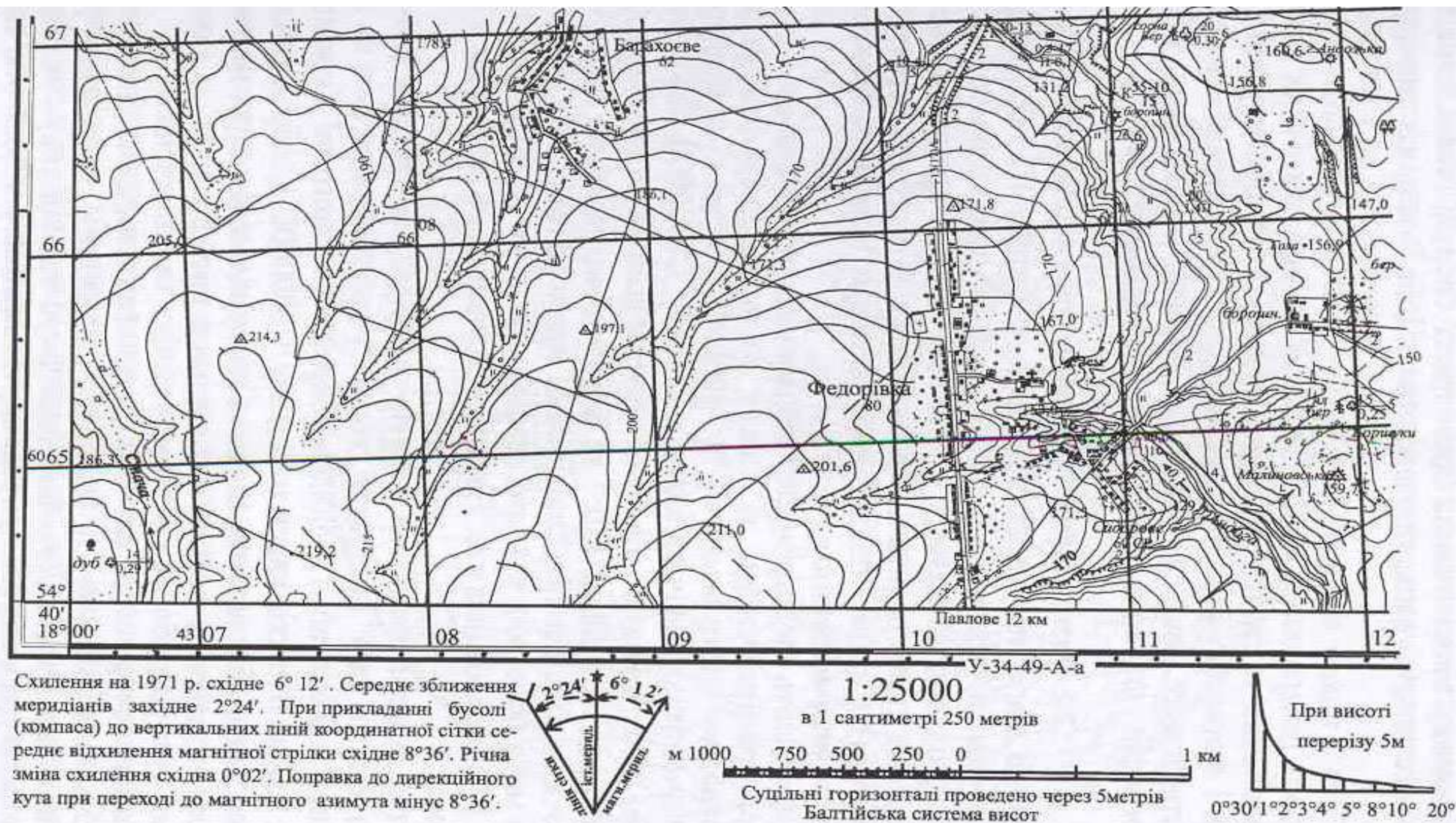


Рис.1.1 – Фрагмент топографічної карти

### 1.3 Умовні знаки топографічних планів і карт

На картах і планах місцевість зображують за допомогою умовних знаків. При цьому використовують обов'язкові для всіх установ стандартні умовні знаки (рис.1.1).

а	б	в	г
<p>Шурф 2.0 1.5 </p> <p>Пляж 5.0 </p> <p>Свердловина 2.0 Нафт.25 152.32 0.4 </p> <p>Пункт державної геодезичної мережі 0.2  Норка  277.02 277.60 3.0</p>	<p>Поверхня кам'яна </p> <p>Зарості на болоті </p> <p>Пасовисько з групами чагарників </p>	<p>Стінка підпірна кам'яна прямовисна </p> <p>ЛЕП низької напруги на стовпах 8,0-1,0 </p> <p>Дорога автомобільна без покриття </p>	<p>Яр </p> <p>Скелясті обриви </p>

Рис. 1.1 - Умовні знаки

Умовні знаки поділять на позамасштабні, масштабні (контурні), лінійні й пояснювальні.

Позамасштабні умовні знаки застосовують для зображення об'єктів, невеликі розміри яких не дозволяють виразити їх в масштабі карти, наприклад, дорожні покажчики, окремі дерева, стовпи, свердловини та ін.

Масштабні (контурні) умовні знаки складаються із зовнішнього контуру, що обмежує даний об'єкт, і умовних знаків всередині контуру. Масштабні



(контурні) умовні знаки застосовують для зображення об'єктів, що виражаються в масштабі карти або плану, наприклад, будівлі, майдани, угіддя, болота, озера та ін.

Лінійні умовні знаки застосовують для зображення витягнутих об'єктів, ширина яких не може бути виражена в масштабі карти або плану, наприклад, інженерні мережі, дороги та ін.

Пояснювальні умовні знаки використовують як додаткову характеристику об'єкта, наприклад, назви населених пунктів, позначки, довжина, ширина і вантажопідйомність мостів, матеріал стін, кількість поверхів будинків, напрямок і швидкість течії річок.

## **2. МАСШТАБИ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І КАРТ.**

### **ВПРАВИ З МАСШТАБАМИ**

#### **2.1 Види масштабів**

Масштаб – відношення довжини відрізка на плані чи карті до горизонтальної проекції цього ж відрізка на місцевості.

Масштаб може бути виражений в чисельній, іменованій і графічній (лінійній або поперечній) формах (рис. 2.1).

Чисельний масштаб має вигляд простого дробу  $\frac{1}{M}$  або співвідношення 1:М. Число М називається знаменником масштабу і показує, у скільки разів зменшені лінії місцевості при їх зображенні на карті (плані). Так, для масштабу 1:5000, М=5000 одному міліметру на карті відповідають 5000 мм або одному сантиметру на карті відповідають 5000 см на місцевості. Чим менше знаменник чисельного масштабу, тим крупнішим вважається масштаб і, навпаки. Чисельний масштаб величина умовна і не залежить від системи лінійних мір.



Іменований масштаб – це коли відношення одиниці довжини відрізка на карті до довжини на місцевості пишуть словами, наприклад, "в 1см 50 метрів" для карти масштабу 1:5000.

Лінійний масштаб – у вигляді лінії, розділеної на однакові інтервали  $a$ , які називаються основою масштабу. Звичайно відрізок  $a$  дорівнює одному або двом сантиметрам. Кожну поділку лінійного масштабу оцифровують. Ліву основу масштабу від нульового індексу ділять на 10 рівних частин для більш точних вимірювань. Частки ділення оцінюють на око.



Рис. 2.1 – Оформлення чисельного, іменованого і лінійного масштабів на топографічних картах.

Поперечний масштаб – у вигляді поперечної шкали, утвореної поділками, довжини яких дорівнюють  $a$ ,  $a/10$ ,  $a/100$ . Найбільше застосування знаходять шкали з  $a = 2$  см (рис.2.2).

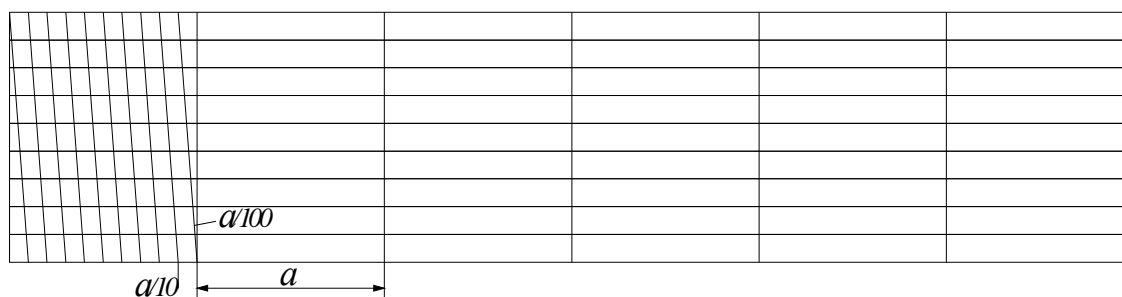


Рис.2.2 - Шкала поперечного масштабу

Точність масштабу є важливою його характеристикою. Вважається, що око людини може розрізнити на кресленні дві точки, якщо відстань між ними не менше 0,1 мм. Прийнято вважати величину 0,1 мм графічною точністю побудови на картах і планах. Довжина відрізка на місцевості, що відповідає в даному масштабі 0,1 мм на плані чи карті, називається точністю масштабу ( $t$ ). Так, для масштабу 1:5000 -  $t = 0,5$  м; для масштабу 1:25000 –  $t = 2,5$  м.

## 2.2 Вимірювання довжин ліній

Для розв'язання цієї задачі користуються чисельним, лінійним або поперечним масштабом.

Для вимірювання відстані між заданими точками на карті (плані) користуються вивіреною лінійкою з міліметровими поділками. Довжину відрізка виражають в сантиметрах, фіксуючи десяті й соті частки сантиметра. Помноживши результат вимірювання на число метрів, що вказані у іменованому масштабі, визначають довжину лінії.

**Приклад.** Відрізок на плані масштабу 1:2000 дорівнює 5,12 см. Шукана довжина лінії буде:

$$L = 5,12 \text{ см} * 20 \text{ м} = 102,4 \text{ м}.$$

**Приклад.** Визначити довжину відрізка вимірюного на карті масштабу 1:25000, користуючись лінійним масштабом.

Для масштабу 1:25000 основа лінійного масштабу дорівнює 500м (рис. 2.3). Основа, що знаходиться ліворуч від нульового штриха, розділена на 10 частин, одна частина дорівнює 50 м. Довжину відрізка вимірюють за допомогою циркуля-вимірювача, який прикладають до лінійного масштабу. Довжина відрізка буде дорівнювати числу метрів, підписаних над штрихом, з яким суміщена права ніжка циркуля (750) і числу метрів, що містяться між нулем і лівою ніжкою циркуля.

$$L_{AB} = 750 + 150 = 900 \text{ м}.$$

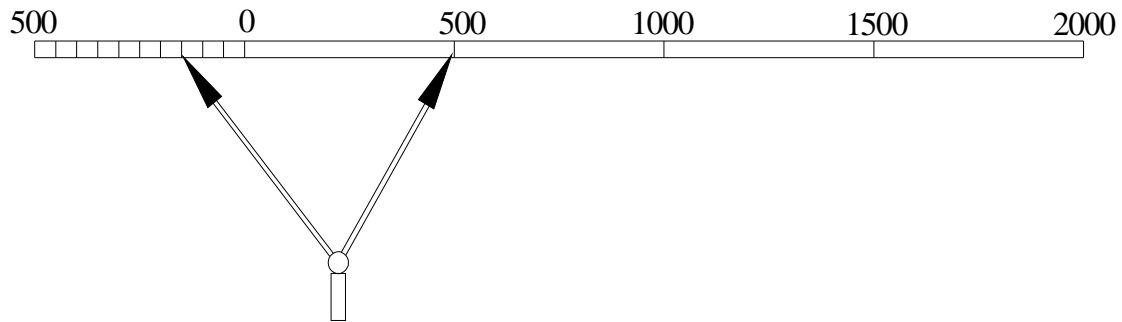


Рис.2.3 – Вимірювання довжини лінії за допомогою лінійного масштабу.

Для контролю довжину лінії вимірюють двічі.

**Приклад.** Визначити довжину відрізка АВ, виміряного на карті масштабу 1:50000, користуючись поперечним масштабом.

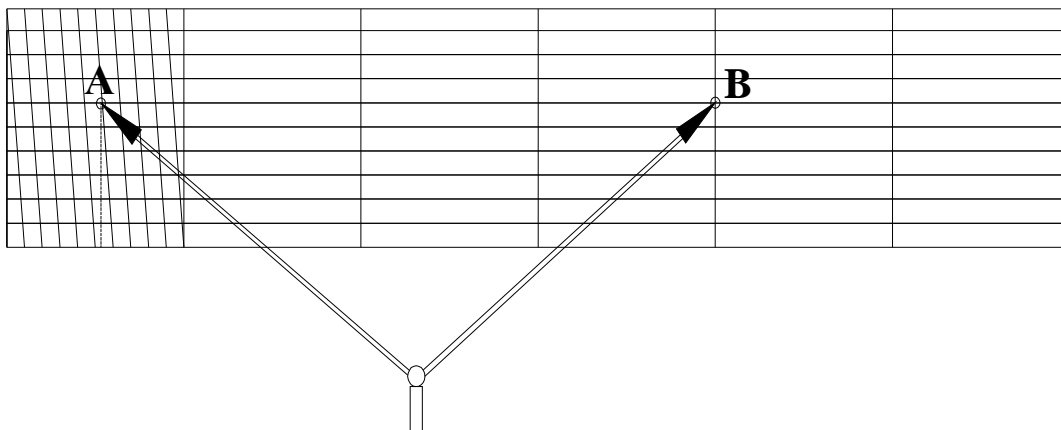


Рис.2.4 – Вимірювання довжини лінії за допомогою поперечного масштабу.

Для виміру довжини лінії треба вимірником перенести цю лінію на поперечну шкалу так, щоб права голка вимірника знаходилася на перпендикулярі, а ліва голка – на похилій лінії. Потім слід підрахувати  $n_1$  – число поділок  $a$ ,  $n_2$  – число поділок  $a/10$ ,  $n_3$  – число поділок  $a/100$ . Довжина лінії визначають так:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = n_1 * a + n_2 * a/10 + n_3 * a/100.$$

Для масштабу 1:5000  $a = 100$ . Довжина лінії АВ (рис.2.4) буде такою

$$L = 3 * 100 + 4 * 10 + 6 * 1 = 346 \text{ м.}$$

## 2.3 Побудова лінії заданої довжини в заданому масштабі

При побудові лінії заданої довжини в масштабі 1:М необхідно по масштабній лінійці одержати розхил вимірника у вигляді відповідного набору поділок шкали, ціле число яких обчислюють послідовно.

**Приклад.** Побудувати лінію довжиною 1820 м в масштабі 1:25000. Обчислюємо ціле число поділок  $a$ ,  $a/10$ ,  $a/100$ . Основа масштабу 1:25000  $a = 500$  м.

$$n_1 = 1820 \text{ м} : 500 \text{ м} = 3 * 500 + 320 \text{ м};$$

$$n_2 = 320 \text{ м} : 50 \text{ м} = 6 * 50 + 20 \text{ м};$$

$$n_3 = 20 \text{ м} : 5 \text{ м} = 4.$$

Відрізок лінії відкладаємо вимірником (рис.2.5).

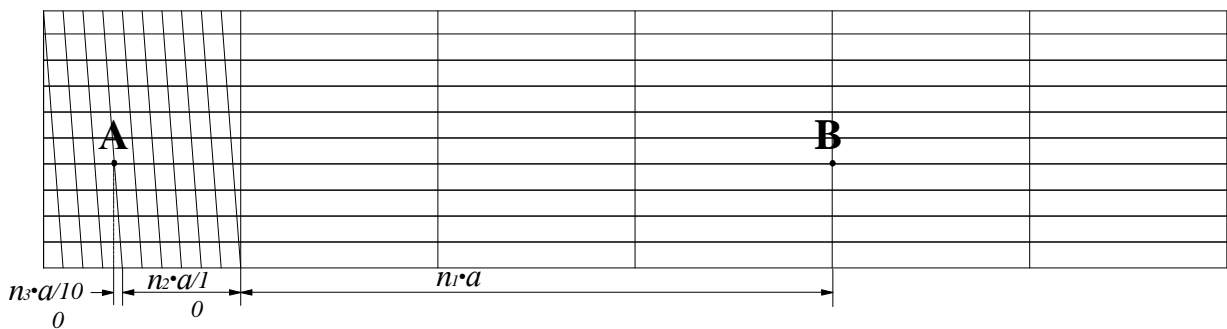


Рис.2.5 – Побудова лінії заданої довжини в заданому масштабі

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК

### 3.1 Визначення координат точок на топографічних картах і планах

Положення точок на топографічних картах визначають геодезичними (широтою  $B$ , довготою  $L$ ) і прямокутними  $X$ ,  $Y$  координатами, на планах – прямокутними координатами  $X$ ,  $Y$ .

Геодезичні координати т. А визначають за допомогою мінутної сітки (див. п. 1.2) .

Для визначення широти через точку проводять лінію, яка паралельна південній рамці карти, і беруть відлік в місцях перетину зі шкалою на західній або східній рамках. Аналогічно для визначення довготи через точку проводять лінію, паралельну західній рамці карти, і беруть відлік по шкалі південної або північної рамки.

Прямокутні координати  $X$  та  $Y$  визначають відносно кілометрових ліній сітки. Для цього вимірюють відрізки  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  (прирости координат) за перпендикулярами до найближчих кілометрових ліній з координатами  $X_0$  і  $Y_0$  та знаходять :

$$X = X_0 + \Delta X;$$

$$Y = Y_0 + \Delta Y.$$

**Приклад.** Визначити геодезичні координати точки А й прямокутні координати точки В (рис.3.1).

Шукані геодезичні координати точки А:

широта  $B=54^{\circ}40'48''$

довгота  $L=18^{\circ}05'16''$

Прямокутні координати точки В:

$$X = 6065000+490=6065490$$

$$Y = 4311000+410=4311410.$$



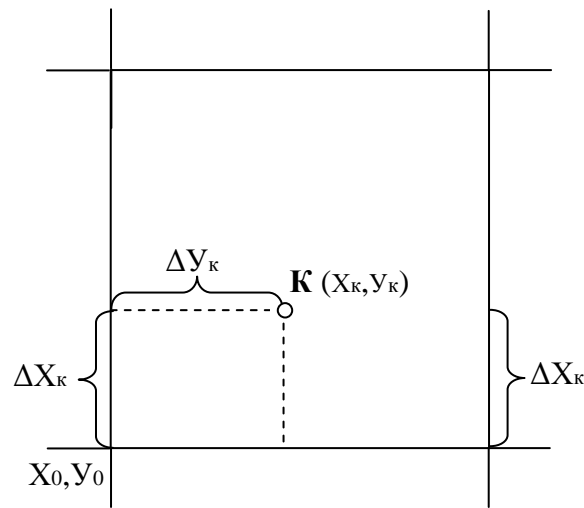


Рис 3.2 - Побудова точки за заданими прямокутними координатами

**Приклад.** Нанести на карту точку С за заданими координатами:

$$X_C = 6065340 \text{ м,}$$

$$Y_C = 4311910 \text{ м.}$$

Спочатку знаходять квадрат прямокутної сітки, в якому перебуває точка С. Координати південно-західного кута квадрату становлять:

$$X_0 = 6065000, Y_0 = 4311900.$$

Обчислюють прирісти координат:

$$\Delta X_C = 6065340 - 6065000 = 340,$$

$$\Delta Y_C = 4311910 - 4311900 = 10.$$

Відкладають відрізки  $\Delta X_C$ ,  $\Delta Y_C$  (рис.3.3)

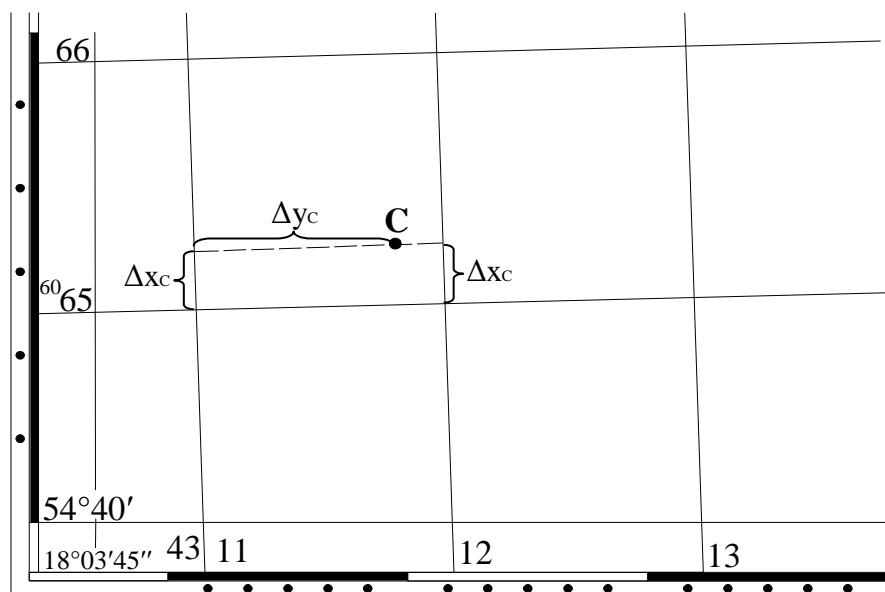


Рис. 3.3 – Побудова точки за заданими координатами



**Приклад.** Побудувати на карті точку Д за заданими геодезичними координатами:

широта  $B=54^{\circ}40'48''$

довгота  $L=18^{\circ}04'29''$

На західній і східній рамках відмічають значення координат точки Д за широтою, а на південній і північній рамці – за довготою (рис. 3.4). З'єднують відмітки за широтою і довготою. На перетині знаходиться точка Д.

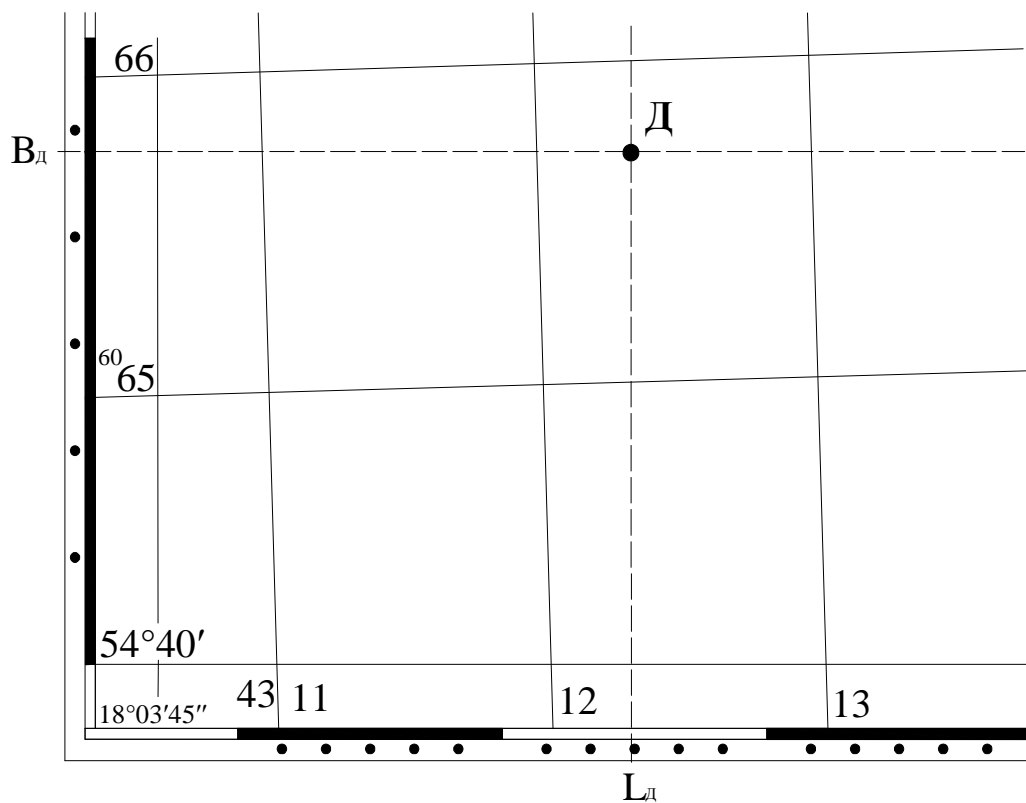


Рис.3.4 – Побудова точки за заданими геодезичними координатами

## 4 ОРІЄНТУВАННЯ НАПРЯМІВ

### 4.1 Кути орієнтування

Орієнтувати лінію – означає визначити її напрям відносно початкового напрямку. За початковий звичайно приймають північний напрям істинного, магнітного або осьового меридіанів. Для орієнтування напрямів користуються істинним азимутом, магнітним азимутом і дирекційним кутом (рис.4.1).

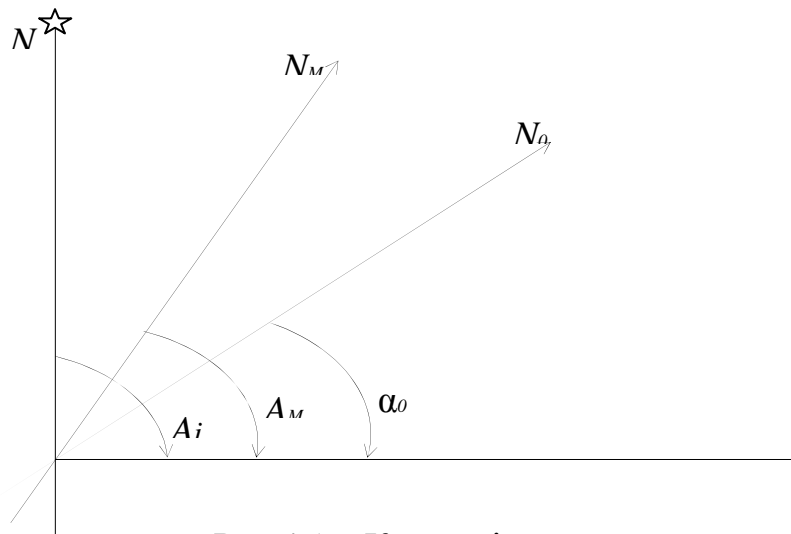


Рис.4.1 – Кути орієнтування

$N, N_o, N_M$  – істинний, осьовий і магнітний меридіани відповідно.

$A_i, A_M, \alpha$  – істинний азимут, магнітний азимут, дирекційний кут відповідно.

Істинним азимутом називається горизонтальний кут між північним напрямом істинного меридіана і напрямком даної лінії по ходу стрілки годинника. Залежно від положення лінії на місцевості її азимут може мати величину од  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . Відрізняють прямі й зворотні азимути залежно від того, який з напрямів прийнято за прямий. Прямий і зворотній азимути відрізняються на  $180^\circ$ , тобто

$$A_{AB} = A_{BA} \pm 180^\circ. \quad (4.1)$$

Істинний азимут визначають астрономічними методами або за допомогою спеціальних геодезичних приладів. Напрям істинних меридіанів різних точок

земної поверхні між собою непаралельні (рис.4.2). Тому азимути лінії, визначені в різних її точках, мають різні значення і відрізняються на кут зближення меридіанів  $\gamma$  (4.2)

$$A_2 = A_1 + \gamma. \quad (4.2)$$

Величину зближення меридіанів визначають за формулою

$$\gamma = \Delta L \sin B_m, \quad (4.3)$$

де  $\Delta L$  - різниця довгот точок відліку,

$B_m$  - середня широта лінії.

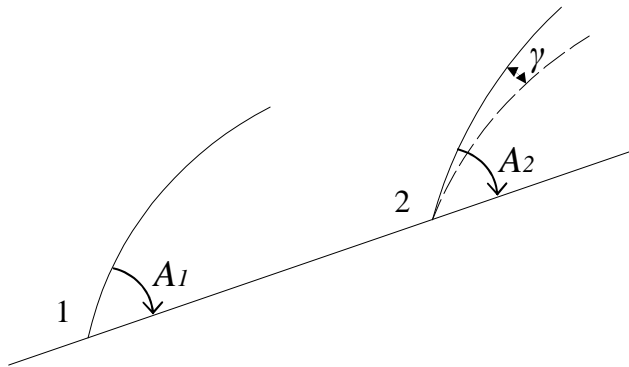


Рис. 4.2 – Зближення меридіанів

У роботах з топографічними картами користуються зближенням меридіанів у даній точці відносно осьового меридіана зони (Гауссове зближення). Воно дорівнює горизонтальному куту між північним напрямком істинного меридіана в даній точці і лінією, що паралельна осьовому меридіану зони. Кут  $\gamma$  для точок, розміщених на захід від осьового меридіана, від'ємний (-), а на схід – додатний (+).

Магнітний азимут – кут, відрахований за ходом стрілки годинника від північного напрямку вільно підвішеної магнітної стрілки до даного напрямку.

Кут між істинним і магнітним азимутом називається магнітним схиленням. Якщо магнітний меридіан відхиляється на схід від істинного меридіана магнітне схилення називають східним ( $+\delta_c$ ), якщо відхиляється на захід – західним ( $-\delta_c$ ).

Середнє значення зближення меридіанів і магнітного схилення для території, що зображена на карті, наводиться під південною рамкою.

Дирекційний кут – горизонтальний кут між північним напрямком осевого меридіана зони, або лінії, яка паралельна йому, до напрямку даної лінії, по ходу годинникової стрілки.

Значення дирекційних кутів змінюється од  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . Залежність між прямим і зворотнім дирекційним кутом має вигляд

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ. \quad (4.4)$$

Зв'язок між дирекційним кутом і азимутом для точок, розташованих на схід від осевого меридіана визначається залежністю

$$\alpha = A - \gamma. \quad (4.5)$$

на захід

$$\alpha = A + \gamma. \quad (4.6)$$

## 4.2 Визначення кутів орієнтування

Для визначення по карті дирекційного кута напрямку використовують лінії осі абсцис координатної сітки. Дирекційний кут вимірюють за допомогою геодезичного транспортира. Є два способи вимірювання дирекційного кута:

1. Через початкову точку напрямку провести лінію, паралельну осі абсцис, і при цій точці виміряти дирекційний кут.

2. Заданий напрям продовжити до перетину з лініями координатної сітки і від точки перетину виміряти дирекційний кут (рис. 4.3).

Істинний і магнітний азимути заданої лінії визначають згідно із схемою розташування напрямів меридіанів.

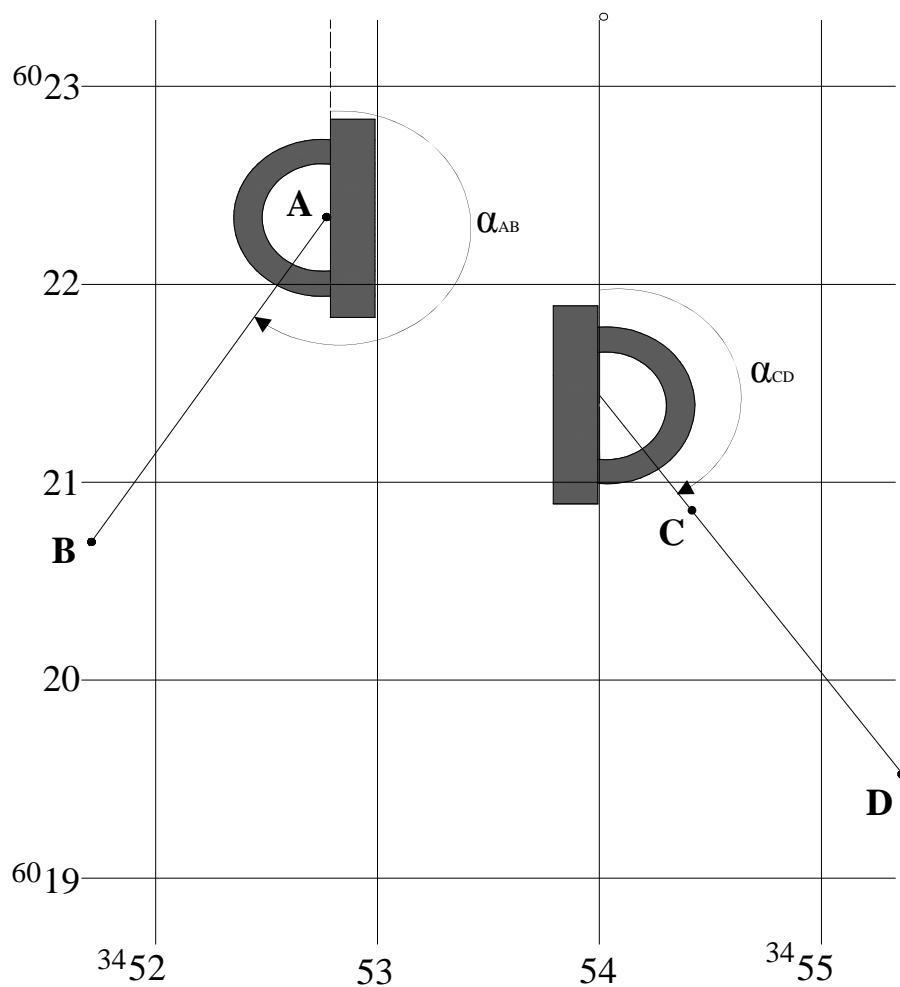


Рис.4.3 - Визначення дирекційного кута

**Приклад.** Під північною рамкою карти наведена схема розташування напрямів меридіанів (рис.4.4):

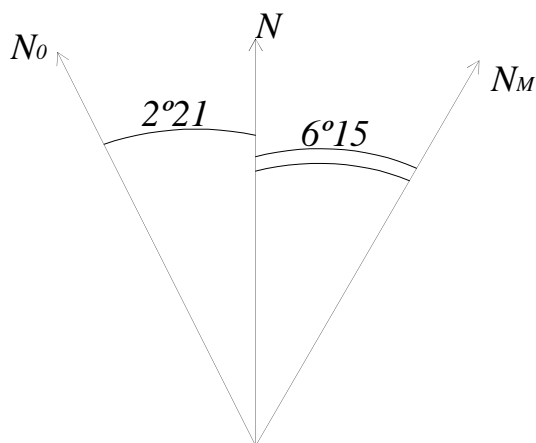


Рис. 4.4 - Схема розташування напрямів меридіанів

За допомогою транспортира був виміряний дирекційний кут лінії АВ

$$\alpha_{AB} = 221^{\circ}30'.$$

Істинний азимут при східному зближенні буде таким:

$$A_i = 221^{\circ}30' - 2^{\circ}21' = 219^{\circ}09'.$$

Магнітний азимут при східному схиленні магнітної стрілки буде таким:

$$A_m = 219^{\circ}09' - 6^{\circ}15' = 219^{\circ}09'.$$

## **5. ЗОБРАЖЕННЯ РЕЛЬЄФУ НА КАРТАХ І ПЛАНАХ. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОРИЗОНТАЛЕЙ**

### **5.1 Рельєф, форми рельєфу**

Висота точки – це довжина відрізка прямовисної лінії від точки до рівневої поверхні. Якщо висоту точки визначають відносно основної рівневої поверхні, то така висота називається абсолютною, а коли за рівневу поверхню прийнята довільна поверхня, то висота називається умовною або відносною.

На топографічних картах (планах) рельєф зображують за допомогою горизонталей з підписами позначок їх висот.

Горизонталь – це умовна крива лінія, яка з'єднує точки земної поверхні з однаковими висотами.

Висота перетину рельєфу – це вертикальна відстань між сусідніми січними площинами. Висоту перетину рельєфу звичайно підписують під південною рамкою листа карти (плану), вона може приймати значення 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 50,0; 100,0, залежно від рельєфу та масштабу карти (плану).

Позначки горизонталей кратні висоті перетину рельєфу. Для полегшення читання рельєфу кожен п'яту горизонталь проводять потовщеною лінією і підписують її висоту в розриві горизонталі згідно з напрямом схилу місцевості (верх підпису вказує напрямок підвищення схилу). В деяких випадках для більш детального відображення рельєфу застосовують напівгоризонталі

(штрихові лінії), висоти яких кратні половині висоти перетину рельєфу. На відміну від основних горизонталей, напівгоризонталі можна обривати, як тільки в них минає потреба.

Горизонтальна відстань  $d$  між сусідніми горизонталями називається закладенням. Закладення характеризує величину нахилу рельєфу місцевості. Чим нахил більше, тим менше закладення. Для візуального визначення напрямку схилів перпендикулярно до горизонталі проставляють берг-штрихи, направлені в бік зниження схилу.

Крім горизонталей для характеристики рельєфу підписують висоти характерних точок (наприклад, вершини, колодязя, перехрестя доріг).

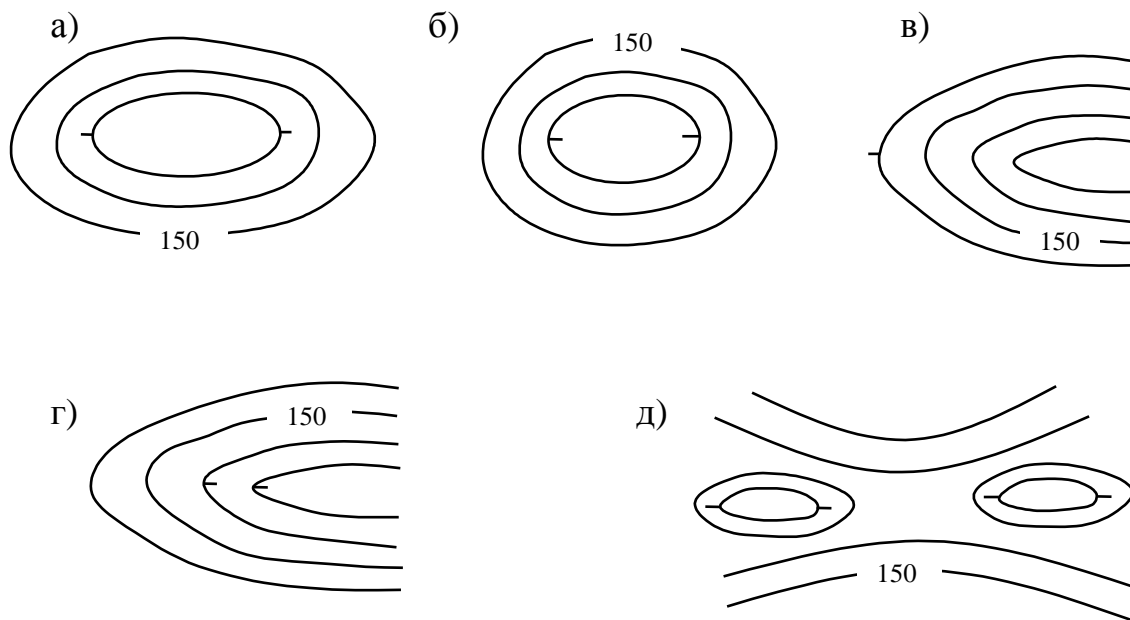


Рис.5.1 - Основні форми рельєфу

Основні форми рельєфу такі:

1. Гора, пагорб – куполоподібне підвищення земної поверхні. Найвища точка – вершина, бокова поверхня – схили, нижня частина – основа або підшва гори (рис. 5.1а);
2. Улоговина, котловина – це чашоподібне заглиблення земної поверхні. Найнижча точка – дно, бокові поверхні – схили, лінія перетину з рівнинною місцевістю – бровка. Гора і улоговина на карті (плані) зображують замкнутими кривими. Берг-штрихи на горизонталях гори



спрямовані від її вершини до основи, по горизонталях улоговини – в напрямку до дна (рис. 5.1б).

3. Хребет – витягнута височина, упродовж якої проходить вододільна лінія (рис. 5.1в).
4. Лощина – витягнуте зниження земної поверхні, упродовж якого проходить лінія водостоку (рис. 5.1г).
5. Сідловина – пониження між двома сусідніми гірськими вершинами або підвищення, що нагадує за своєю формою сідло (рис. 5.1д).

## 5.2. Визначення висот точок за горизонталями

Висоти точок місцевості можна встановити за горизонталями на карті (плані). Якщо точка лежить на горизонталі, то висота її дорівнює висоті даної горизонталі. Так на рис.5.2

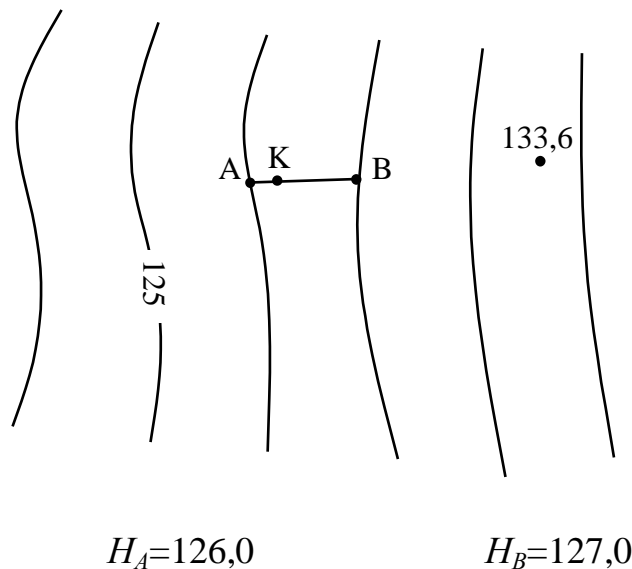


Рис.5.2 - До визначення висот точок за горизонталями

Якщо точка лежить між горизонталями, то для визначення її висоти необхідно провести через цю точку лінію схилу АВ між горизонталями, яка відповідає найменшому закладенню (рис.5.2). Висота точки К дорівнює:

$$H_K = H_A + h_{AK}, \quad (5.1)$$

де  $h_{AK}$  – перевищення точки К над точкою А;

$$h_{AK} = \frac{H_B - H_A}{d_{AB}} d_{AK}, \quad (5.2)$$

де  $d_{AB}$  - найменше закладення в точці К;

$d_{AK}$  - відстань від точки по лінії схилу до „молодшої” горизонталі., тобто до горизонталі, що має меншу висоту.

Перевищення  $h_{AK}$  пропорційне довжині  $d_{AK}$ . Для наближеного визначення перевищення необхідно оцінити на око частину ( $d_{AK} : d_{AB}$ ) перерізу рельєфу ( $H_B - H_A$ ).

### 5.3 Кількісні характеристики крутизни схилу

Лінії земної поверхні звичайно мають якийсь нахил, тому що початок і кінець мають різні висоти.

Мірою крутизни схилу є уклон і кут нахилу лінії до горизонту.

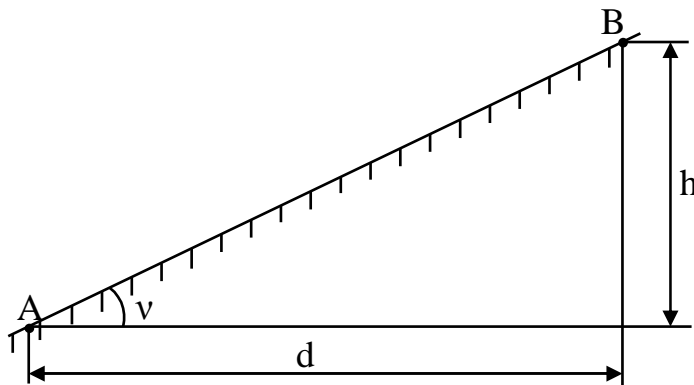


Рис. 5.3 - До визначення крутизни схилу

Уклоном лінії називається відношення перевищення  $h$  до горизонтального прокладення  $d$ .

$$i = \frac{h}{d}, \quad (5.3)$$

де  $h = H_B - H_A$ .

Виражається ухил у процентах ( $\%$ ) - сотих частках одиниці, або промілях – тисячних частках одиниці ( $\text{‰}$ ).

З другого боку, відношення перевищення до горизонтального прокладення дорівнює тангенсу кута нахилу лінії, тому

$$i = \operatorname{tg} \nu, \quad (5.4)$$

що дозволяє, обчисливши ухил, визначити по ньому кут нахилу.

При користуванні картою кути нахилу визначають за допомогою графіка закладень, що розміщується під південною рамкою карти.

Для побудови графіка закладень на горизонтальній лінії відкладають довільні кути нахилу. В точках поділу ставлять перпендикуляри і відкладають на них у масштабі плану горизонтальні проекції  $d$ , визначені за формулою (5.5). Кінці перпендикулярів з'єднують плавною кривою (рис.5.4).

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} \nu}. \quad (5.5)$$

Графік закладень для ухилів (рис.5.4) будують, використовуючи формулу (5.6):

$$d = \frac{h}{i}. \quad (5.6)$$

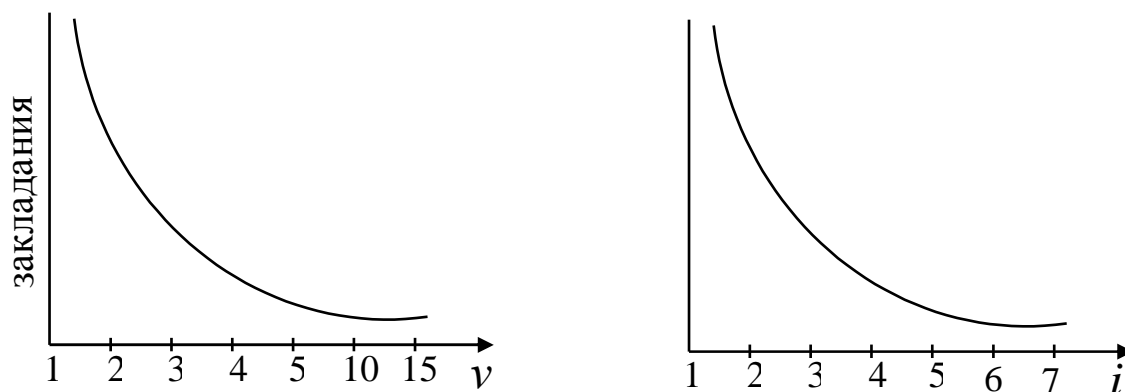


Рис.5.4 - Графік закладень для кутів нахилу і ухилів

Для визначення уклону будь-якої лінії, або кута нахилу беруть в розчин вимірювача відстань між сусідніми горизонталями, переносять її на графік і визначають уклон або кут, який відповідає цьому закладенню (рис. 5.5).

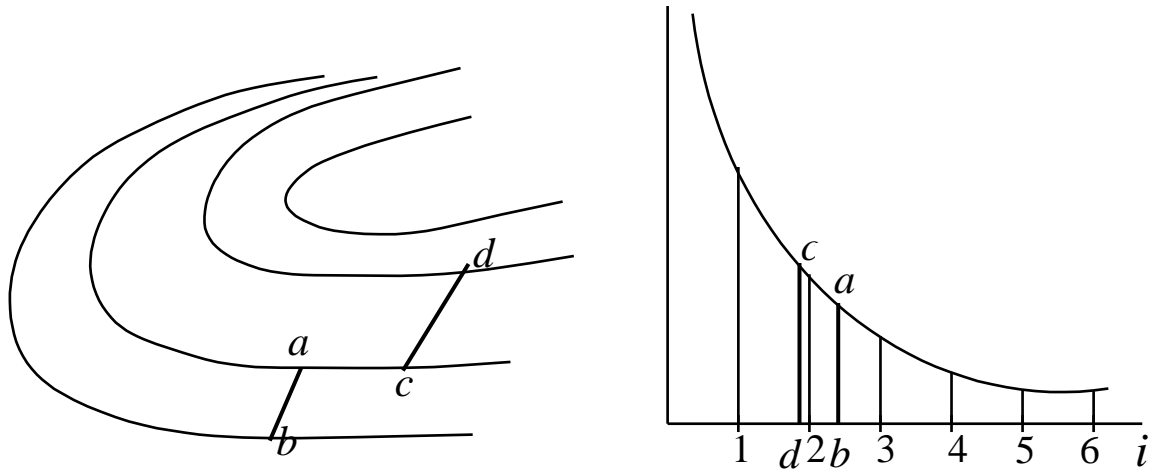


Рис.5.5 - Визначення кількісних характеристик

#### 5.4 Побудова лінії заданого ухилу

Завдання полягає в побудові найкоротшої ламаної лінії, ухил якої за абсолютною величиною не перевищує заданого значення  $i_{zp}$ , тобто  $|i| \leq |i_{zp}|$ . Спочатку слід обчислити закладення горизонталей, що відповідає заданому ухилу (5.7):

$$d = \frac{h}{|i_{zp}|}. \quad (5.7)$$

Отриману довжину в масштабі беруть у розхил вимірника. Якщо точка А (чи В) знаходиться на горизонталі, то цим розхилом вимірника з точки А (чи В) засікають наступну горизонталь і одержують точку 1; далі тим же розхилом вимірника з точки 1 засікають наступну горизонталь і одержують точку 2 і т.д. У випадку, коли між горизонталями відстань більше обчисленого закладення, з точки на попередній горизонталі проводять лінію, спрямовану до кінцевої точки В (чи А) до перетину з наступною горизонталлю. З'єднавши ці точки, одержують ламану лінію, ухил якої не більше заданого.

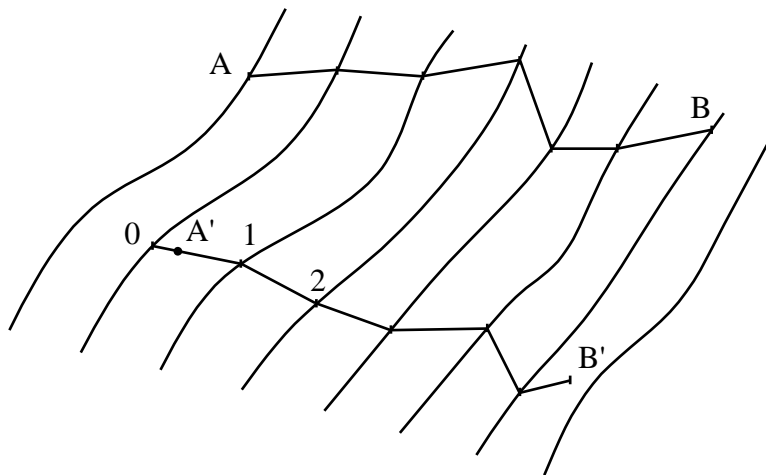


Рис. 5.6 – Ламана лінія із заданим ухилом

Якщо точка  $A'$  (чи  $B'$ ) знаходиться між горизонталями, то насамперед необхідно провести через точку  $A'$  (чи  $B'$ ) лінію із заданим ухилом. Для цього треба дві точки закладення 0, 1 і точку  $A'$  розташувати на одній прямій.

Вирішення завдання має кілька варіантів лінії. Перевагу слід віддати тому варіанту, при якому довжина ламаної лінії і число великих кутів повороту менше (під кутом повороту ламаної розуміється кут між продовженням попередньої лінії і наступною лінією).

### 5.5 Побудова профілю місцевості за заданим напрямом

Для найвиразнішого зображення рельєфу профіль будують в двох масштабах – горизонтальному і вертикальному.

Масштаб горизонтальних відстаней дорівнює масштабу карти, а вертикальний (для висот) беруть більшим у 10 разів.

На прямій АВ необхідно насамперед намітити точки 1,2,3,...,n, за допомогою яких найбільш повно можна зобразити профіль місцевості по лінії АВ. До таких точок слід віднести точки перетину лінії АВ з горизонталями, з лініями вододілу, тальвегу, вершини сідловини та інші точки зміни напрямку профілю.

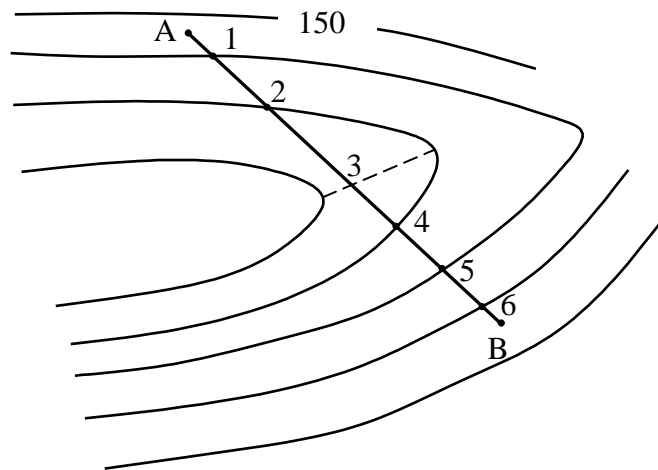


Рис. 5.7 – Точки профілю лінії

Для побудови профілю використовують різні масштаби горизонтальних і вертикальних довжин. У навчальному завданні горизонтальний масштаб 1:2000 дорівнює масштабу плану, а вертикальний масштаб - 1:200.

Вихідні дані для побудови профілю заносять у сітку профілю. У рядку „Відстані” міткою позначають положення точки А, потім вимірником, зберігаючи масштаб, переносять відрізки А1, А2, А3,....., АВ і мітками позначають точки 1,2,3,.....В. За горизонталями одержують висоти точок профілю і заносять їх у відповідний рядок сітки.

Для побудови профілю треба вибрати лінію умовного горизонту (будь – яку лінію або верхню лінію сітки профілю) і привласнити їй таке умовне значення висоти, щоб найнижча точка профілю ( $H_{\min}$ ) відстояла від цієї лінії на 2-3 см .

На перпендикулярах до міток від лінії умовного горизонту у вертикальному масштабі відкладають висоти. Суміжні точки необхідно з'єднати прямими, в результаті чого ламана буде представляти профіль місцевості (рис 5.8).

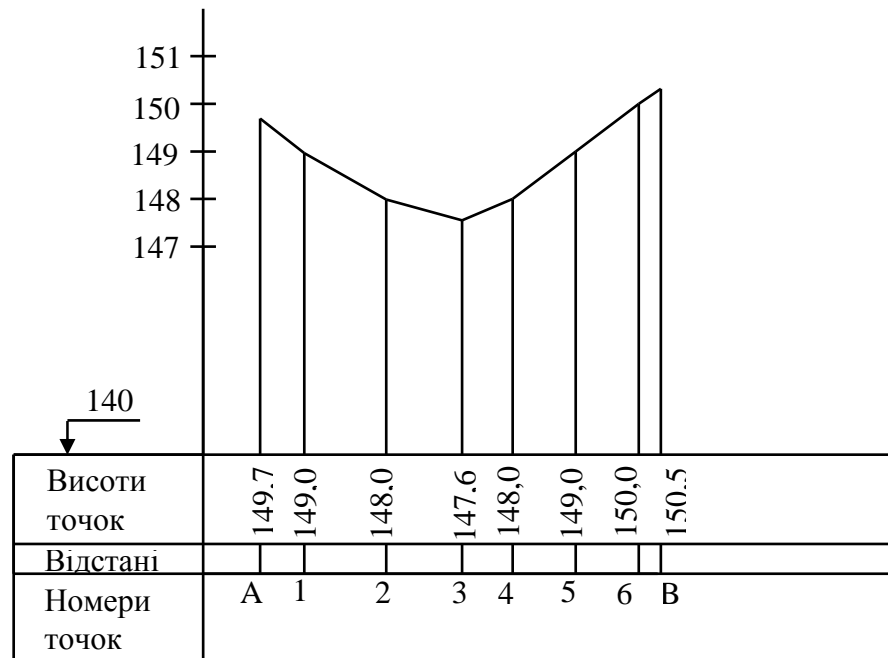


Рис.5.8 – Профіль лінії



## 5.6 Визначення меж водозбірної площі

Водозбірною площею називають ділянку місцевості, з якої стікає дощова і тала вода. Межами водозбірної площі є лінія вододілу. Для визначення водозбірної площі на карті достатньо провести обмежуючі площу вододіли, які збігаються з нормаллями до горизонталей, починаючи від заданої точки водостоку або створу (наприклад, греблі) (рис.5.9).

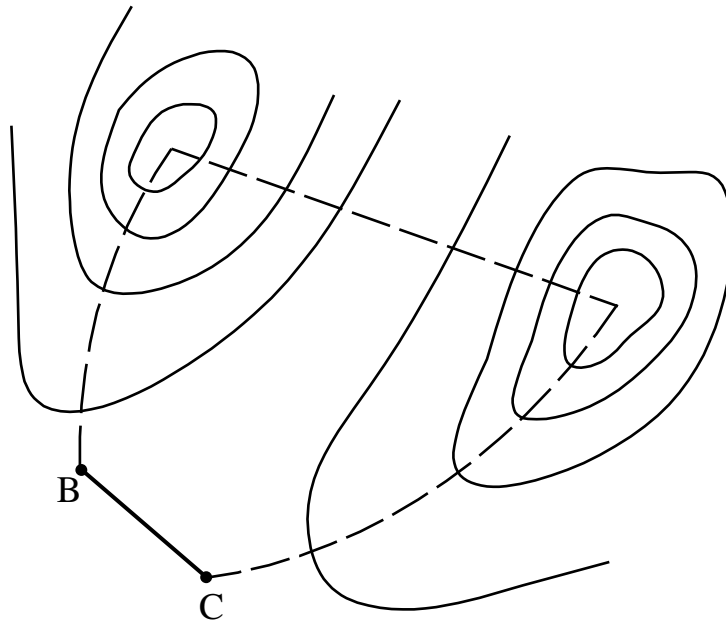


Рис. 5.9 – Визначення водозбірної площі

## 6. ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ

Площі ділянок місцевості визначають за топографічними картами аналітичним, графічним або механічним способом.

1. Аналітичний спосіб застосовують у випадку, коли ділянка обмежена ламаною лінією і відомі прямокутні координати  $X$  та  $Y$  її вершини

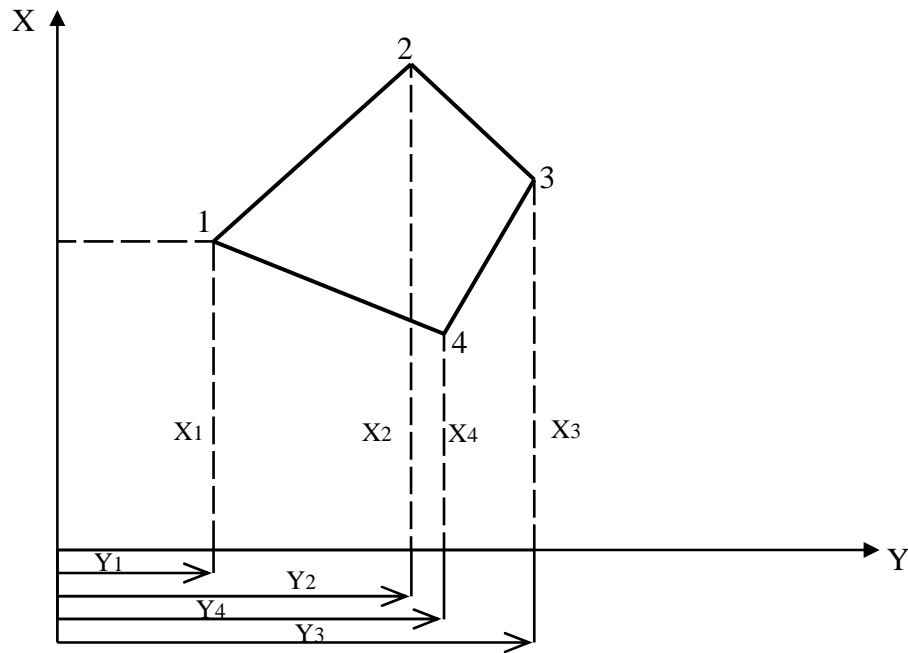


Рис.6.1 - До аналітичного способу визначення площ

Для многокутника з кількістю вершин  $n$  площу визначають за формулою

$$\begin{aligned} S &= 0.5 \sum_{i=1}^n x_i (y_{i-1} - y_{i+1}), \\ S &= 0.5 \sum_{i=1}^n y_i (x_{i+1} - x_{i-1}), \end{aligned} \tag{6.1}$$

де  $n$  – кількість вершин полігону.

2. Графічний спосіб використовують при визначенні площ з розбивкою ділянки на геометричні фігури, або за допомогою палетки. У першому випадку площу обчислюють як суму площ елементарних геометричних фігур.

У другому випадку на ділянку, площу якої визначають, накладають палетку з прозорого матеріалу з сіткою квадратів і підраховують кількість цілих квадратів усередині контуру і неповних на його межі (рис.6.2).

**Приклад.** Масштаб карти 1:10000. Площа квадрату палетки зі стороною 5мм складає  $50 \cdot 50 = 2500 \text{ м}^2$ , а на межі  $2500/2 = 1250 \text{ м}^2$ . Підрахувавши число цілих і неповних квадратів, знайдемо площу  $2500 \cdot 14 + 1250 \cdot 16 = 55000 \text{ м}^2$ .

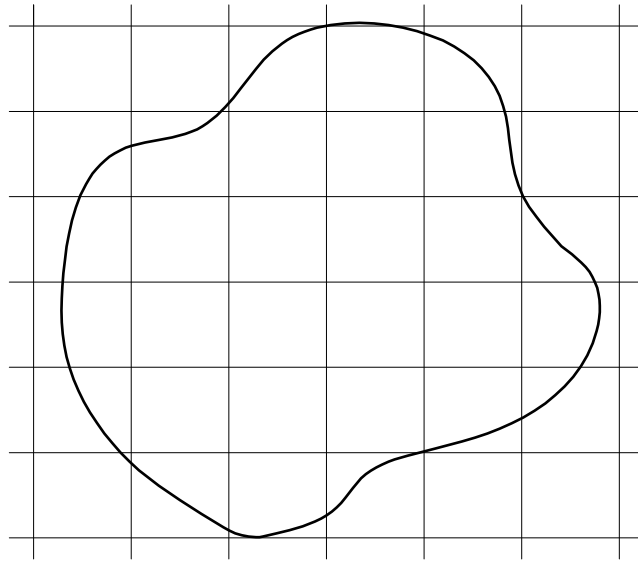


Рис.6.2 - До визначення площ за допомогою палетки

3. При механічному способі площа ділянок визначають спеціально сконструйованим для цієї мети механічним приладом – планіметром.

## 7. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ

На практиці часто виникає потреба визначити об'єм тіла, обмеженого топографічною поверхнею, наприклад, об'єм водоймища, сховища рідких чи твердих відходів та ін.

Для визначення об'єму тіла необхідно спочатку представити це тіло у вигляді комбінації простих геометричних тіл – призми, піраміди, усіченої піраміди, призматоїда та ін. Тоді шуканий об'єм буде складатися із суми об'ємів простих геометричних тіл.

**Приклад.** Необхідно визначити об'єм тіла, обмеженого вертикальною площиною  $W$  (створ проектованої греблі), топографічною поверхнею, представленною горизонталями  $g_1, g_2, g_3, g_4$  і горизонтальною площиною  $H$  (рис 7.1).

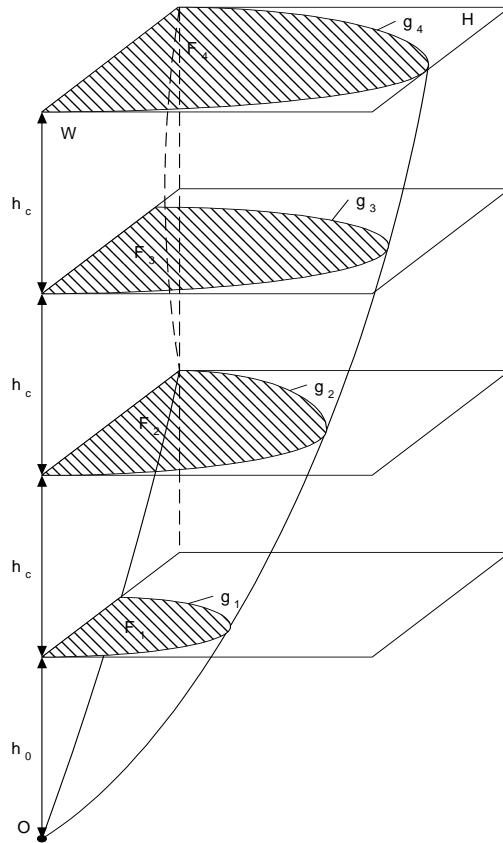


Рис. 7.1 – До визначення об'ємів

Це тіло можна представити у вигляді трьох простих геометричних тіл:

1. Піраміди з основою  $F_1$  і висотою  $h_0$ .
2. Призматоїда з нижньою основою  $F_1$  і середнім перетином –  $F_2$  і верхньою основою –  $F_3$  і висотою  $2h_c$ .
3. Усіченої піраміди з нижньою основою  $F_3$ , і верхньою основою –  $F_4$  і висотою  $h_c$

Визначивши одним із способів, описаних у п.6, площі  $F_1, F_2, F_3, F_4$ , можемо записати вираз для обчислення об'ємів

$$V_1 = \frac{l}{3} F_1 h_0,$$

$$V_2 = \frac{h_c}{3} (F_1 + 4F_2 + F_3), \quad (7.1)$$

$$V_3 = \frac{h_c}{3} (F_3 + F_4 + \sqrt{F_3 \cdot F_4}),$$

а загальний об'єм складе

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (7.2)$$

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи „Вивчення топографічного плану, карти. Картометричні роботи” з дисциплін „Геодезія”, „Картографія” та „Картографія з основами топографії” (для студентів 1, 2 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 « Геодезія, картографія та землеустрій» спеціальності 6.070900 «Геоінформаційні системи і технології», 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»).

**Укладач :** Любов Георгіївна Запара

**Редактор:** М.З.Аляб'єв

**Верстка:** І.В. Волосожарова

План 2009, поз. 106М

Підп. до друку 20.11.09	Формат 60х84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовн.-друк.арк. 1,5	Обл.-вид. арк. 1,8
Замовл. № _____	Тираж 50 прим.	
61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12		
Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ		
61002, Харків, вул. Революції, 12		